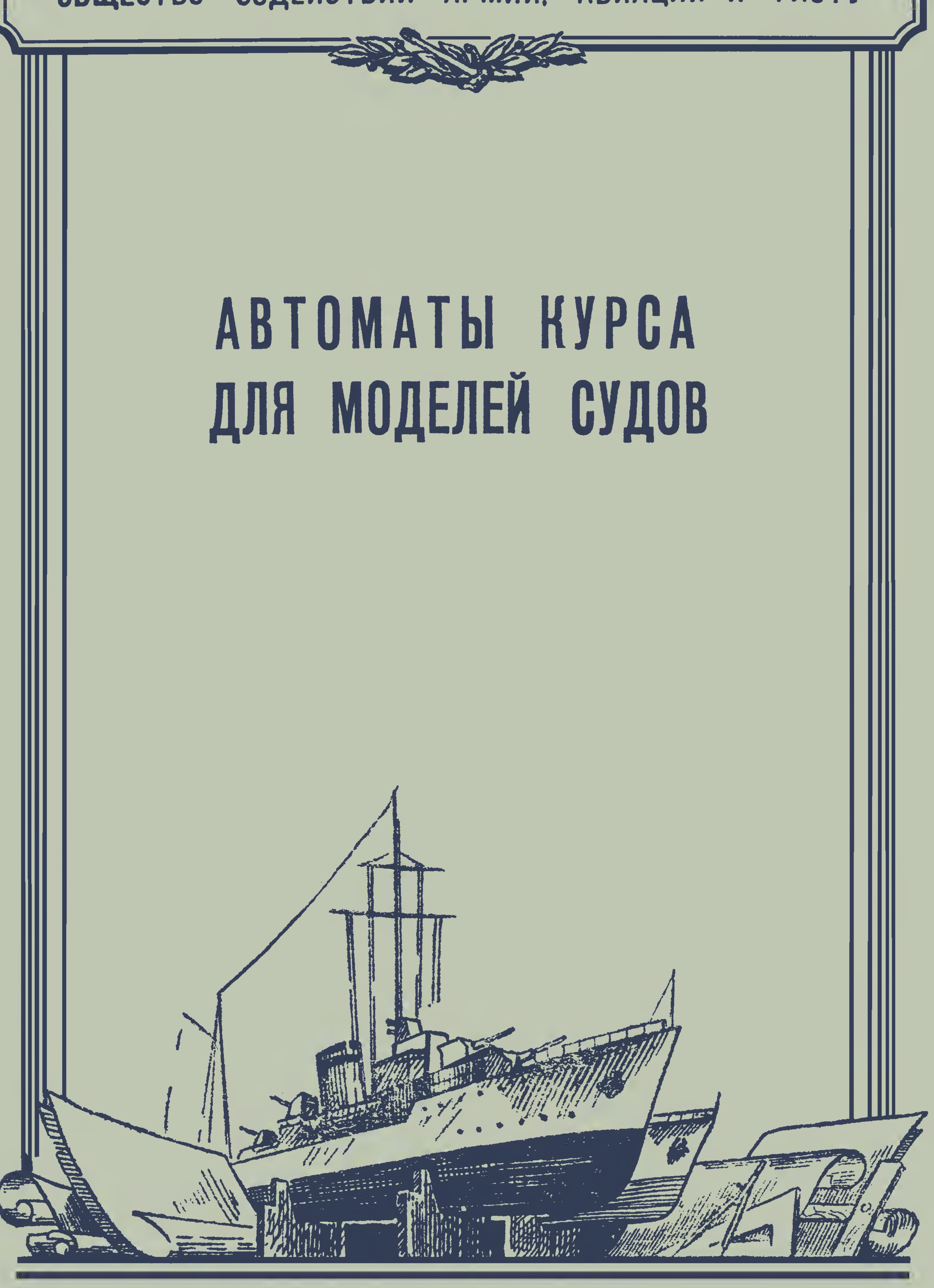
ВСЕСОЮЗНОЕ ОРДЕНА КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ДОБРОВОЛЬНОЕ ОБЩЕСТВО СОДЕЙСТВИЯ АРМИИ, АВИАЦИИ И ФЛОТУ

АВТОМАТЫ КУРСА ДЛЯ МОДЕЛЕЙ СУДОВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ • МОСКВА — 1956

ВСЕСОЮЗНОЕ ОРДЕНА КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ДОБРОВОЛЬНОЕ ОБЩЕСТВО СОДЕЙСТВИЯ
АРМИИ, АВИАЦИИ И ФЛОТУ

*КОНСУЛЬТАЦИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ
МОРСКОГО МОДЕЛИЗМА ДОСААФ СССР*

АВТОМАТЫ КУРСА
ДЛЯ МОДЕЛЕЙ СУДОВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ * МОСКВА — 1956

АВТОМАТЫ КУРСА НА МОДЕЛЯХ СУДОВ

Моделисты расходуют много времени и труда на попытки заставить самоходную модель пройти дистанцию по заданному направлению. Хорошо известно, что даже отличные модели с симметричным корпусом, тщательно отделанные и отрегулированные, далеко не всегда идут по прямой. Если же при запуске модели дует ветер или имеется волна, то модель только случайно проходит к намеченному финишу.

Физические условия плавания очень сложны. При движении модели на нее действуют силы упора винтов, силы сопротивления воды и воздуха, сила ветра, течение и, кроме того, сила давления воды на руль. Каждая из этих сил перемещает модель по своему направлению. Поэтому модель сможет идти по прямому пути только тогда, когда все действующие на нее силы остаются неизменными или когда постоянна равнодействующая этих сил. Только при таком условии модель могла бы сохранять заданный курс или, как говорят, была бы совершенно устойчива на курсе.

В действительности условие постоянства сил никогда не соблюдается, так как каждая из действующих на модель сил и равнодействующая их изменяются во времени по множеству причин. Это условие не соблюдается и при плавании судов, но на судне имеется возможность противопоставить отклоняющей внешней силе возвращающую силу руля. За курсом судна на ходу всегда внимательно следит рулевой. Для удержания на курсе обычного грузового судна длиной 120 м при скорости хода около 20 узлов рулевой должен приводить в действие руль примерно каждые 6 секунд. Чем лучше, симметричнее сделана подводная часть судна, тем слабее проявляются отклоняющие силы, тем реже нужно перекладывать руль, тем устойчивее судно на курсе.

На некоторых современных судах установлены автоматические рулевые приборы, которые значительно облегчают работу вахтенных рулевых. Авторулевые устройства совершенно необходимы на тех самодвижущихся снарядах, на борту которых не может быть людей.

Самоходную модель корабля также можно оборудовать авторулевым устройством. Такая модель сможет на большие расстояния идти по заданному пути. При хорошей устойчивости на курсе и с хорошо отрегулированными приборами управления рулем модель с большой точностью будет следовать по заданному курсу. Иначе говоря, курс модели с авторулевым устройством будет стабилизирован.

В настоящей консультации описаны далеко не все возможные варианты автоматов курса для моделей. В ней разбирается устройство и принцип действия гироскопических и магнитного стабилизаторов курса, которые были построены и успешно использованы на различных моделях судов.

Любой автомат курса будет хорошо работать только на моделях с хорошими ходовыми качествами. Небрежно построенная модель и с хорошим автоматом не будет держаться на курсе.

ГИРОСКОП И ЕГО СВОЙСТВА

Чтобы уяснить принцип стабилизации курса моделей с помощью гироскопа, необходимо познакомиться с его устройством и некоторыми его свойствами.

Гироскопом, или волчком, называют быстро вращающийся металлический диск с тяжелым ободом, ось которого может занимать в пространстве любое направление (рис. 1). Диск с ободом называется ротором гироскопа *1*.

Ось вращения ротора является главной осью гироскопа.

Главная ось *XX* укреплена в подшипниках внутреннего, так называемого горизонтального кольца *2*.

Внутреннее кольцо *2* соединено цапфами с подшипниками наружного (вертикального) кольца *3* так, что вместе с ротором *1* оно может поворачиваться вокруг горизонтальной оси *УУ*.

Наружное (вертикальное) кольцо *3* в свою очередь укреплено цапфами в подшипниках неподвижной рамы *4*.

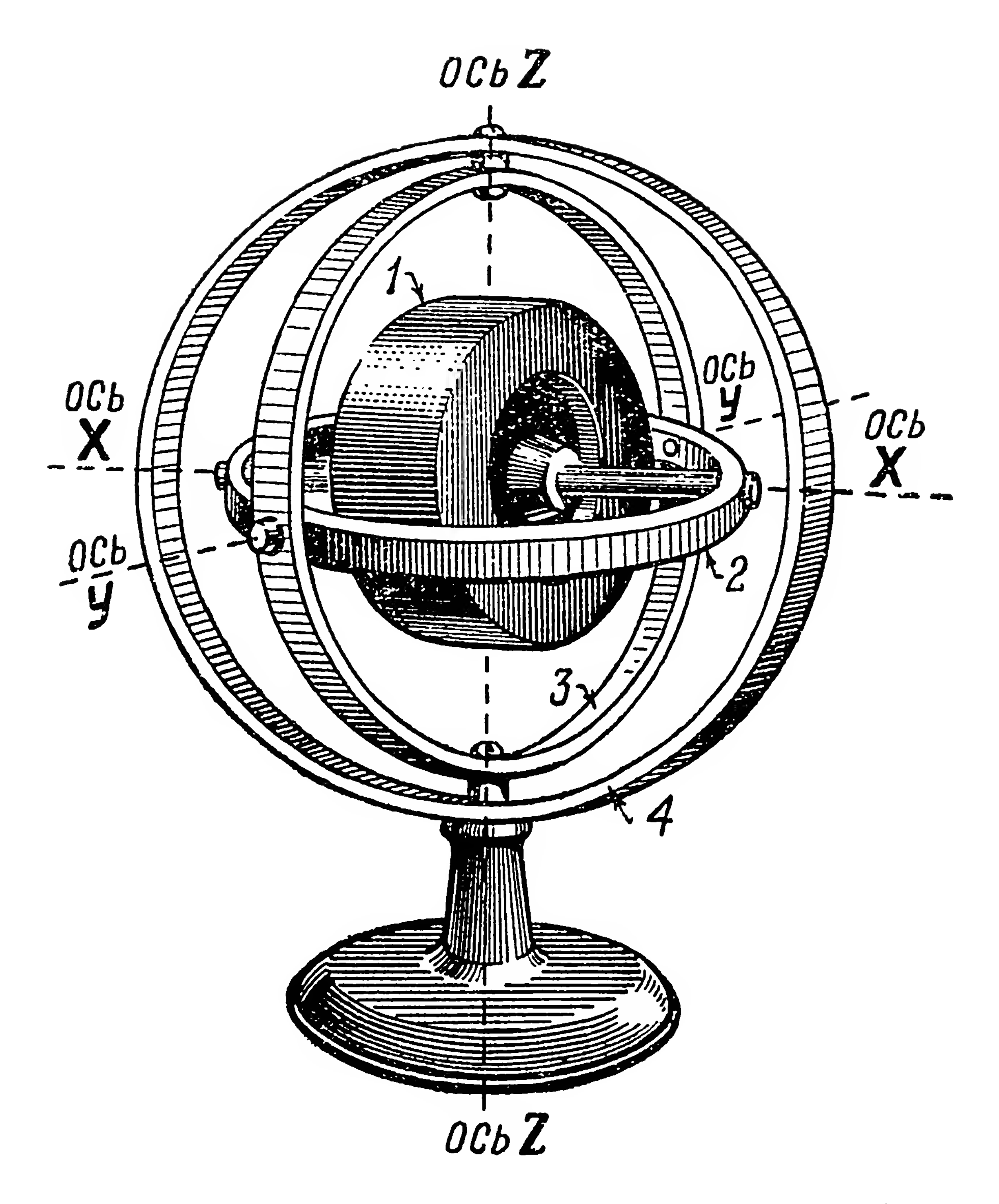


Рис. 1. Свободный гироскоп: *1* — ротор; *2* — внутреннее (горизонтальное) кольцо; *3* — внешнее (вертикальное) кольцо; *4* — рама гироскопа

Таким образом, наружное кольцо вместе с внутренним кольцом и ротором может поворачиваться вокруг вертикальной оси *ZZ*. Такое устройство гироскопа с тремя осями вращения позволяет установить главную ось ротора в любом желаемом направлении, причем рама *4* с подставкой может оставаться неподвижной.

Если все три оси вращения пересекаются в одной точке и если в этой же точке лежит центр тяжести всей системы, то гироскоп называют сбалансированным, или свободным. Главная ось свободного гироскопа может сохранять равновесие в любом положении до тех пор, пока какая-либо посторонняя причина не выведет его из этого положения.

Если у свободного гироскопа закрепить вертикальное кольцо *3*, то такой гироскоп будет называться прецессионным, или гироскопом с двумя степенями свободы.

Первое свойство свободного гироскопа. Если ротор свободного гироскопа привести в быстрое вращение, то его ось приобретает устойчивость в пространстве. Это значит, что в каком бы мы направлении не поворачивали подставку гироскопа вместе с рамой, главная ось гироскопа будет сохранять неизменным то направление, которое она занимала в начальный момент.

Способность свободного гироскопа сохранять заданное положение главной оси в пространстве тем большая, чем тяжелее ротор, чем дальше от оси вращения расположена масса ротора и чем больше число его оборотов. Поэтому массу ротора гироскопа стремятся сосредоточить на ободе, а число оборотов его доводят до 20 000 в минуту.

Вторым свойством гироскопа является так называемое прецессионное движение его оси, т. е. поворот главной оси гироскопа перпендикулярно направлению действующей силы. Пусть, например, к горизонтальной оси *YY* вращающегося гироскопа приложен момент внешней силы, стремящейся повернуть ось гироскопа вокруг этой оси. Гироскоп окажет сопротивление этому повороту и вместо него повернется вокруг вертикальной оси *ZZ*. Наоборот, если приложить момент внешней силы, стремящейся повернуть гироскоп вокруг вертикальной оси *ZZ*, то из-за второго свойства гироскоп вместо поворота вокруг оси *ZZ* придет в движение вокруг горизонтальной оси *YY*. Это движение оси гироскопа называют прецессионным движением, или прецессией. Скорость прецессии тем больше, чем большая приложена сила.

Оба свойства гироскопа можно использовать для удержания на курсе моделей судов. Воздействие гироскопа на руль модели может быть или непосредственным, прямым, или воздействие гироскопа передается через контакты электрической цепи на исполнительный механизм (электромотор, соленоид и т. п.), поворачивающий руль модели в нужную сторону.

БАЛАНСИРОВКА ГИРОСКОПОВ

Главная ось свободного гироскопа должна сохранять любое заданное положение в пространстве. Чтобы исключить действие на гироскоп сил тяжести, нужно центр тяжести всей системы (ротора и колец) совместить с точкой пересечения ее осей. Совмещение центра тяжести с точкой пересечения трех осей свободного или двух осей прецессионного гироскопа достигается путем его балансировки.

Отбалансированный гироскоп ведет себя подобно шару на горизонтальной плоскости, если масса его равномерно распределена вокруг центра. Такой шар на горизонтальной плоскости находится в безразличном равновесии. Он сохраняет любое заданное ему положение.

Если центр тяжести шара не совпадает с его геометрическим центром, то под действием сил тяжести шар будет поворачиваться до положения устойчивого равновесия. Как детская игрушка «Ванька-встанька», такой неотбалансированный шар будет стремиться занять единственное положение с наименьшей высотой центра тяжести. При неподвижном роторе главная ось неотбалансированного гироскопа также будет занимать только одно определенное положение. Несбалансированный гироскоп с вращающимся ротором будет беспрерывно совершать прецессионное движение. Иначе говоря, главная ось несбалансированного гироскопа под действием силы тяжести теряет устойчивость в пространстве. Поэтому гироскопы при установке на любые приборы тщательно балансируются.

Приспосабливая гироскоп от какого-либо прибора для установки его на морской модели, обычно снимают с него ненужные, мешающие, «лишние» части и детали. Этим нарушается когда-то хорошо сделанная балансировка гироскопа. В таких случаях надо обязательно заново произвести балансировку гироскопа. Взамен снятых ставят грузы меньших размеров (например, свинцовые), перемещают ротор и кольца вдоль своих осей. Для удобства балансировки подшипники некоторых осей обычно делаются подвижными на резьбе.

Балансировка считается оконченной, если главная ось свободного гироскопа будет устойчиво сохранять любое заданное ей положение. Отбалансированный прецессионный гироскоп устойчиво сохраняет любое положение относительно горизонтальной оси.

Балансировка гироскопа требует много времени и внимания, является делом сложным, кропотливым. Однако несбалансированный гироскоп не будет стабилизировать курса, а, наоборот, еще больше будет уводить модель с заданного направления.

Если построить модель с учетом требований устойчивости на курсе, то с хорошо отбалансированным гироскопом все описанные ниже варианты гирорулевых устройств полностью гарантируют движение модели по заданному курсу.

СТАБИЛИЗАЦИЯ КУРСА ВОЗДЕЙСТВИЕМ ГИРОСКОПА НА РУЛЬ

Если для стабилизации курса используется свободный гироскоп (рис. 2), то его наружное вертикальное кольцо *1* связывается с помощью рычагов *2* и *3* с баллером руля *4*.

На модели ось свободного гироскопа располагается горизонтально в любом направлении в зависимости от

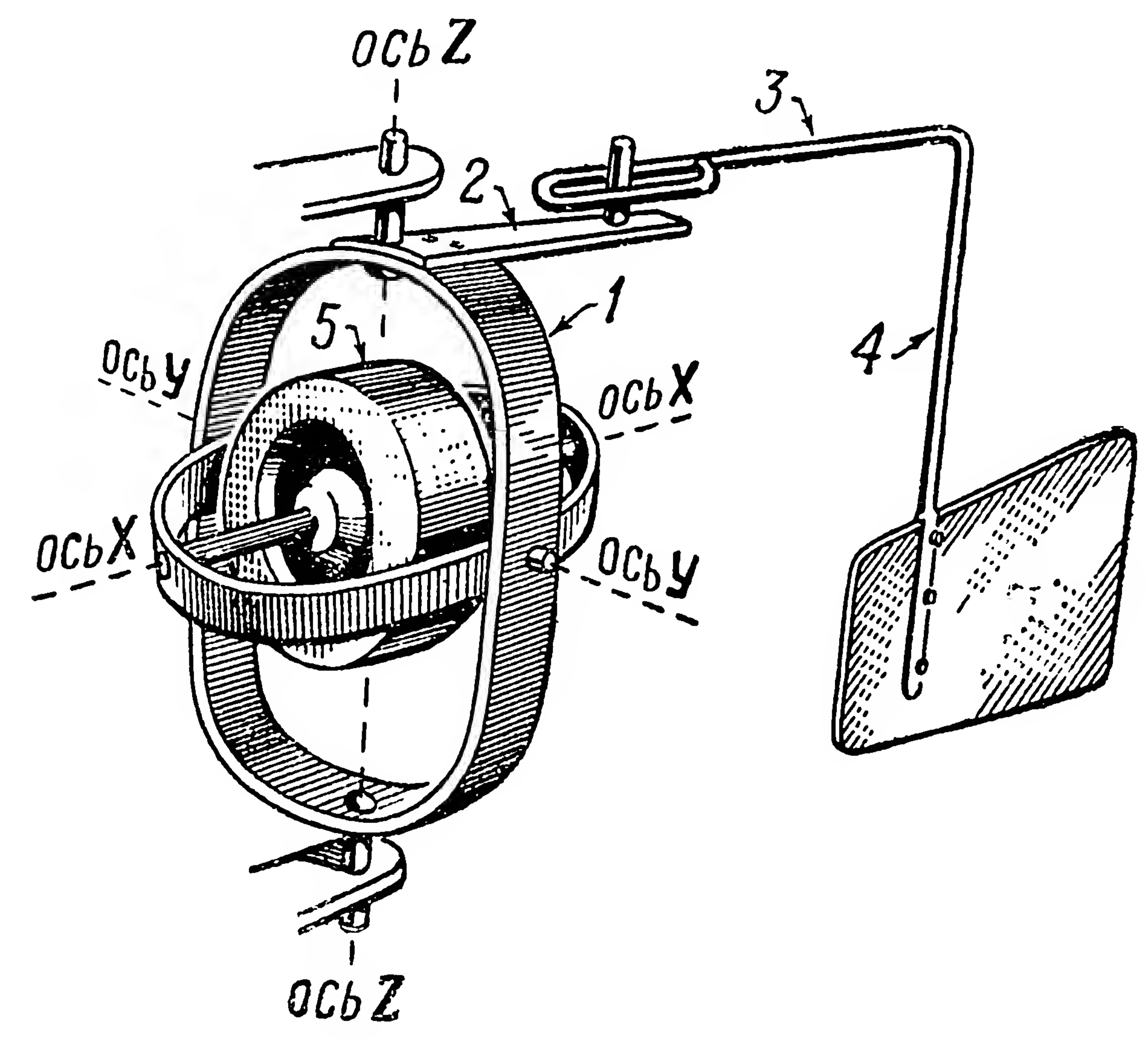


Рис. 2. Стабилизатор курса со свободным гироскопом: *1* — вертикальное кольцо; *2* — рычаг вертикального кольца; *3* — рычаг баллера; *4* — баллер руля; *5* — ротор гироскопа

удобства установки гироскопа. Обыкновенно главная ось гироскопа устанавливается или в направлении диаметральной плоскости, или перпендикулярно ей. В нашем примере главная ось гироскопа установлена в направлении диаметральной плоскости. При отклонении модели судна вправо ось ротора *5*, а с ней и вертикальное кольцо *1* с рычагом *2* сохранят свое положение относительно земли неизменным. По отношению к модели ось ротора и вертикальное кольцо окажутся повернутыми вокруг вертикальной оси. Посредством рычагов *2* и *3* перо руля повернется влево, что вернет модель на заданный курс. В случае отклонения модели влево автомат сработает аналогично и, положив руль на правый борт, вернет модель на курс.

При использовании второго свойства гироскопа устанавливают прецессионный гироскоп с двумя степенями свободы (рис. 3). У такого гироскопа вертикальное кольцо или часть его является рамой *1*, закрепленной в корпусе модели. Горизонтальное кольцо *2*, в котором вращается ротор *3*, шарнирно связывается с тягами *4* и *5* баллера *6* и демпфера *7*.

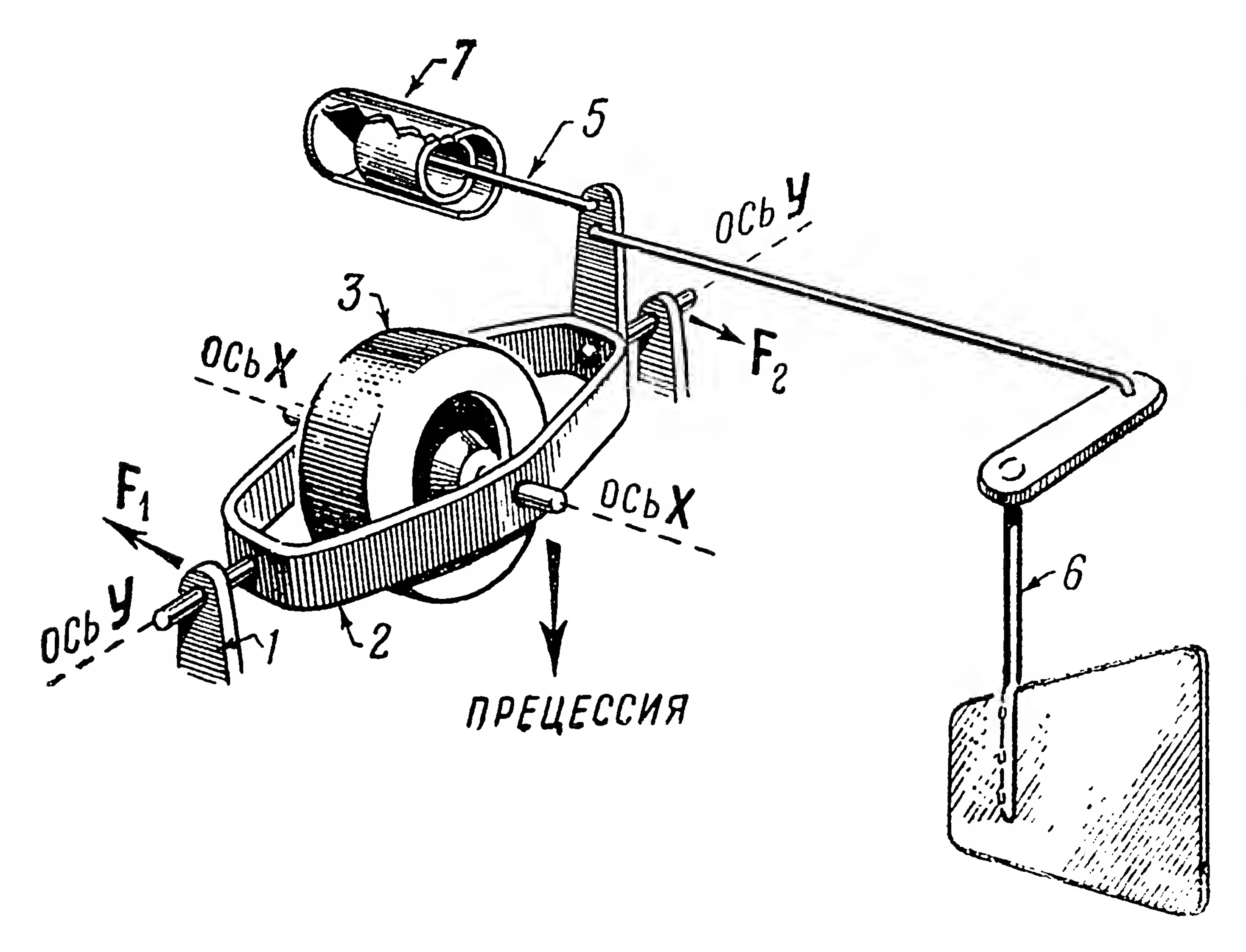


Рис. 3. Стабилизатор курса с прецессионным гироскопом: *1* — рама; *2* — горизонтальное кольцо; *3* — ротор; *4* — тяга баллера; *5* — тяга демпфера; *6* — баллер руля; *7* — демпфер

Если имеется в наличии свободный гироскоп (с тремя степенями свободы), то его можно переделать в прецессионный. Для этого вертикальное кольцо нужно освободить от наружной рамки и закрепить его в корпусе модели так, чтобы главная ось гироскопа была направлена горизонтально вдоль модели. Рассмотрим, как осуществляется стабилизация курса с помощью прецессионного гироскопа. При отклонении модели вправо или влево от курса на рамку гироскопа, жестко связанную с корпусом модели, будет действовать момент внешних сил Вследствие прецессии главной оси гироскопа горизонтальное кольцо повернется и через тягу *4* отклонит руль модели в нужную сторону. Модель вернется на заданный курс.

Предположим, что модель уходит с курса вправо. Тогда в результате разворота модели вокруг вертикальной оси к рамке гироскопа будут приложены силы F_1F_2 (рис. 3). Под действием этих сил, согласно закону прецессии, главная ось гироскопа повернется вокруг оси YY. Кормовой конец оси гироскопа опустится, а носовой поднимется. Руль через тягу *4* будет перекладываться влево до тех пор, пока модель не прекратит разворота вправо. Как только модель судна под действием положенного влево руля начнет поворачиваться влево, направление действия сил F_1 и F_2 и направление прецессионного движения изменятся на обратные. Ранее опустившийся кормовой конец оси гироскопа теперь начнет подниматься и руль будет отводиться в нулевое положение. К моменту возвращения модели судна на курс руль окажется в прямом нейтральном положении. Если модель отклонится от курса влево, то гироскоп будет действовать аналогично.

Прецессионный гироскоп необходимо демпфировать, т. е. немного уменьшить чувствительность поворота гироскопа вокруг горизонтальной оси. При резких кратковременных действиях внешних сил чрезмерно чувствительный гироскоп совершает ненужные, вредные для стабилизации курса, прецессионные движения, которые передаются на руль. Демпфирование можно осуществить поршеньком, связанным с горизонтальным кольцом и передвигающимся в неподвижном цилиндрике.

При непосредственном воздействии гироскопа на руль, руль обязательно должен быть балансирным или полуба-

лансирным. Для рулей другого типа силовое воздействие гироскопа может оказаться недостаточным для поворота руля. С целью увеличения инерции гироскопа и величины регулирующей силы надо ротору сообщить как можно большее число оборотов.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ РУЛЕМ С ПОМОЩЬЮ ГИРОСКОПА

При электрическом управлении рулем как свободный, так и прецессионный гироскопы действуют попрежнему. Однако их отклонения воздействуют не на руль, а на следящие контакты электрической схемы (рис. 4). Замыкая правые или левые контакты, гироскоп включает правое или левое вращение исполнительного электромотора, который поворачивает перо руля в нужную сторону.

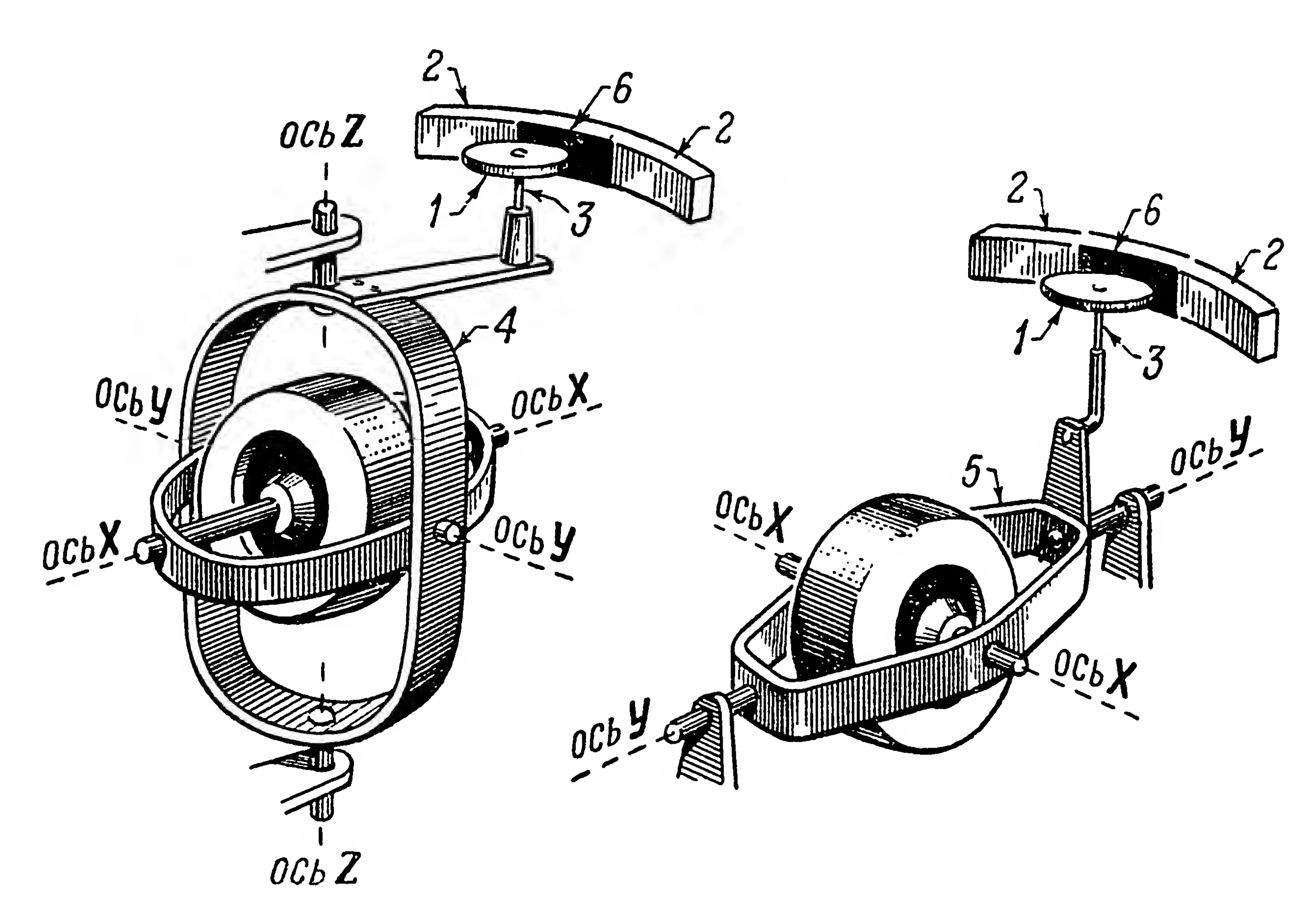


Рис. 4. Следящие контактные системы: *1* — контактное колесико; *2* — контактные пластины; *3* — ось контактного колесика; *4* — вертикальное кольцо свободного гироскопа; *5* — горизонтальное кольцо прецессионного гироскопа; *6* — жесткий изолятор

Следящие контакты можно сделать в виде колесика *1* с двумя контактными пластинками *2*. Ось колесика *3* укрепляется на вертикальном кольце *4* свободного или на горизонтальном кольце *5* прецессионного гироскопа. Две контактные пластинки, разделенные жестким изолятором *6*, установлены на неподвижных частях гироскопа.

При отклонении модели от курса контактное колесико, связанное с гироскопом, накатывает на правую или

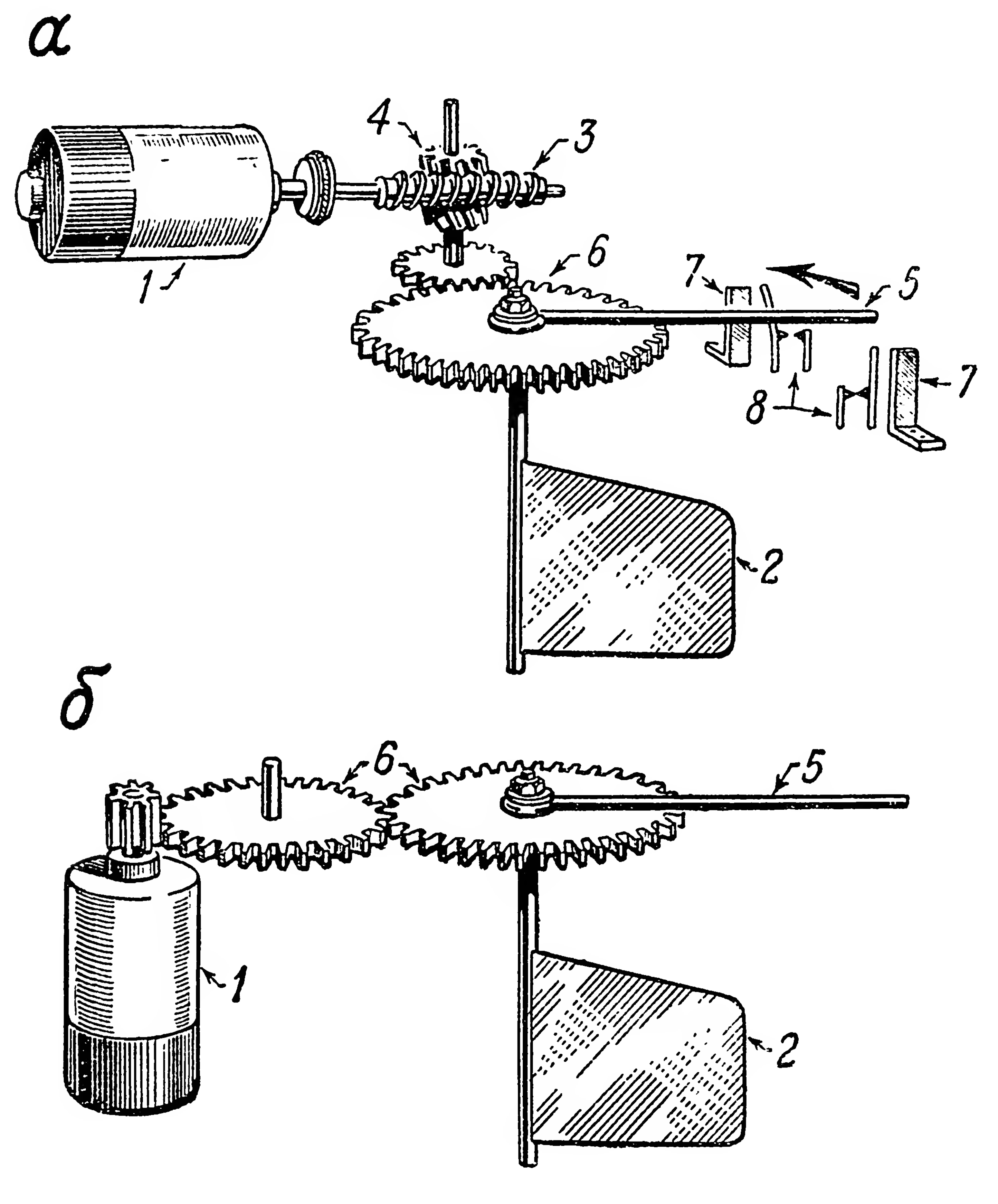


Рис. 5. Рулевые машины: *а* — с червячной передачей; *б* — с зубчатой передачей; *1*—электромотор; *2* — руль; *3* — червяк; *4* — червячное колесо; *5* — хвостовик; *6* — шестерни; *7* — ограничительные стойки; *8* — концевые контакты

левую контактную пластинку и замыкает электрическую цепь правого или левого вращения электромотора. Вращаясь в ту или иную сторону, электромотор будет перекладывать перо руля и тем самым удерживать модель на заданном курсе.

Рулевая машина состоит из электромотора, соединенного с баллером руля через червячную или зубчатую передачу (рис. 5). В качестве червячной передачи можно использовать механизм от телефонного номеронабирателя. Для зубчатой передачи подойдут шестеренки от часов (ходиков или будильника).

Прямого фиксированного положения руля, как у настоящих сложных автоматов курса, в описанных нами устройствах нет. Но на модели система автоматического рулевого, при которой руль перекладывается с борта на борт, работает вполне удовлетворительно. Модель идет прямо по курсу с небольшим рысканьем. Величину максимального угла перекладки руля необходимо подбирать опытным путем. Этот угол зависит от поворотливости модели и обыкновенно оказывается равным 10—20° в обе стороны от нейтрального положения руля. Подобрав подходящий угол, ставят ограничители поворота руля в виде стоек *7* с концевыми контактами *8*. Контакты

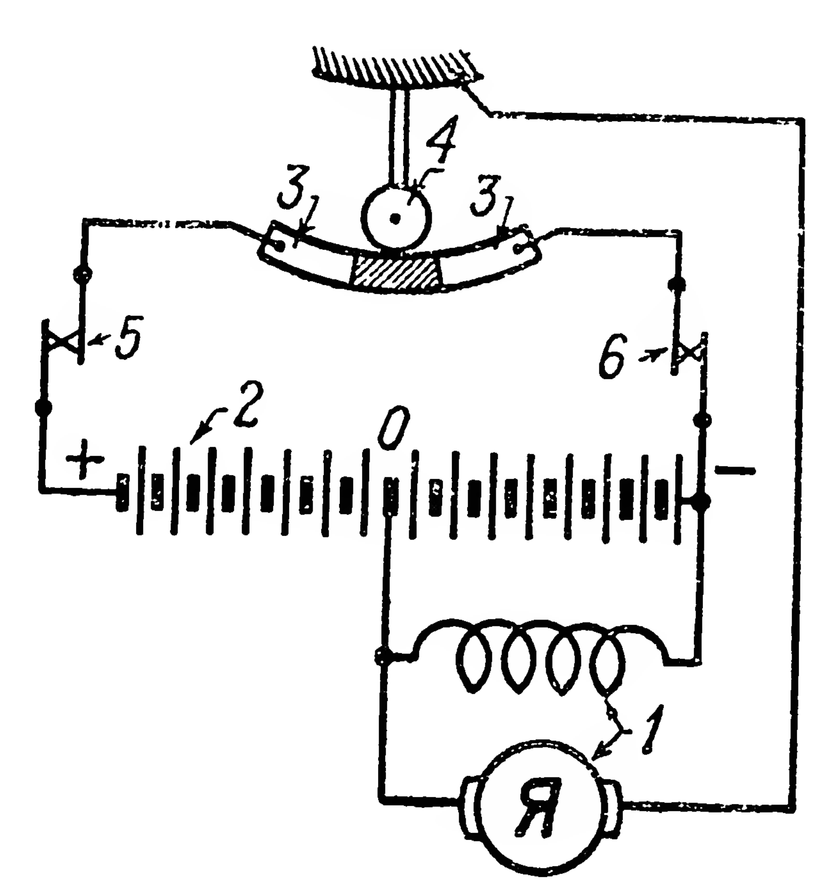


Рис. 6. Электрическая схема: *1* — электромотор; *2* — батарея питания; *3* — следящие контакты; *4* — контактное колесико; *5—6* концевые контакты

размыкаются в крайнем положении руля при помощи хвостовика *5*, который посажен на баллер руля. Этим ограничивается перекладка руля, так как концевые контакты разрывают цепь питания рулевого электромотора.

Электрическая схема управления рулем проста (рис. 6). Она состоит из электромотора *1*, батареи питания *2*, следящих контактов *3* с колесиком *4* и концевых контактов *5* и *6*.

Питание исполнительного электромотора осуществляется от батареи со средней точкой. В зависимости от того, какой из двух следящих контактов *3* будет замкнут контактным колесиком *4*, в цепи якоря мотора пойдет ток одного или обратного направления.

Обмотка возбуждения мотора постоянно подключена к батарее так, что электрический ток в нее идет в одном направлении. Удобнее использовать электромоторчик с постоянными магнитами.

В качестве исполнительного механизма вместо электромоторчика можно использовать два соленоида.

МАГНИТНЫЙ СТАБИЛИЗАТОР КУРСА

Автомат курса с магнитной системой (рис. 7) состоит из магнитного компаса *1*, пневматического реле *2*, компрессора *3*, баллончика для сжатого воздуха *4*, исполнительного механизма электромотора *5*, электрической батареи *6* и концевых контактов *7* и *8*.

Магнитный компас (рис. 8) с целью увеличения магнитного момента делается из двух магнитов *3*, свободно вращающихся на одной оси *6*. Нижний конец оси магнитов опирается на подпятник в основании компаса *4*. Верхний конец оси поддерживается подшипником, запрессованным в крышку *1*. Обе опоры оси делаются из часовых камней.

На верхнем конце оси магнитов, перпендикулярно ей, насажена эксцентрическая круглая заслонка *2*, которая может перемещаться в зазоре между двумя парами сопел. Нижние дутьевые сопла *7* и верхние приемные сопла *8* жестко скреплены с основанием и крышкой компаса. Делаются сопла из трубочек с диаметром отверстия 1—2 *мм*. Каждое приемное сопло расположено против соответствующего дутьевого.

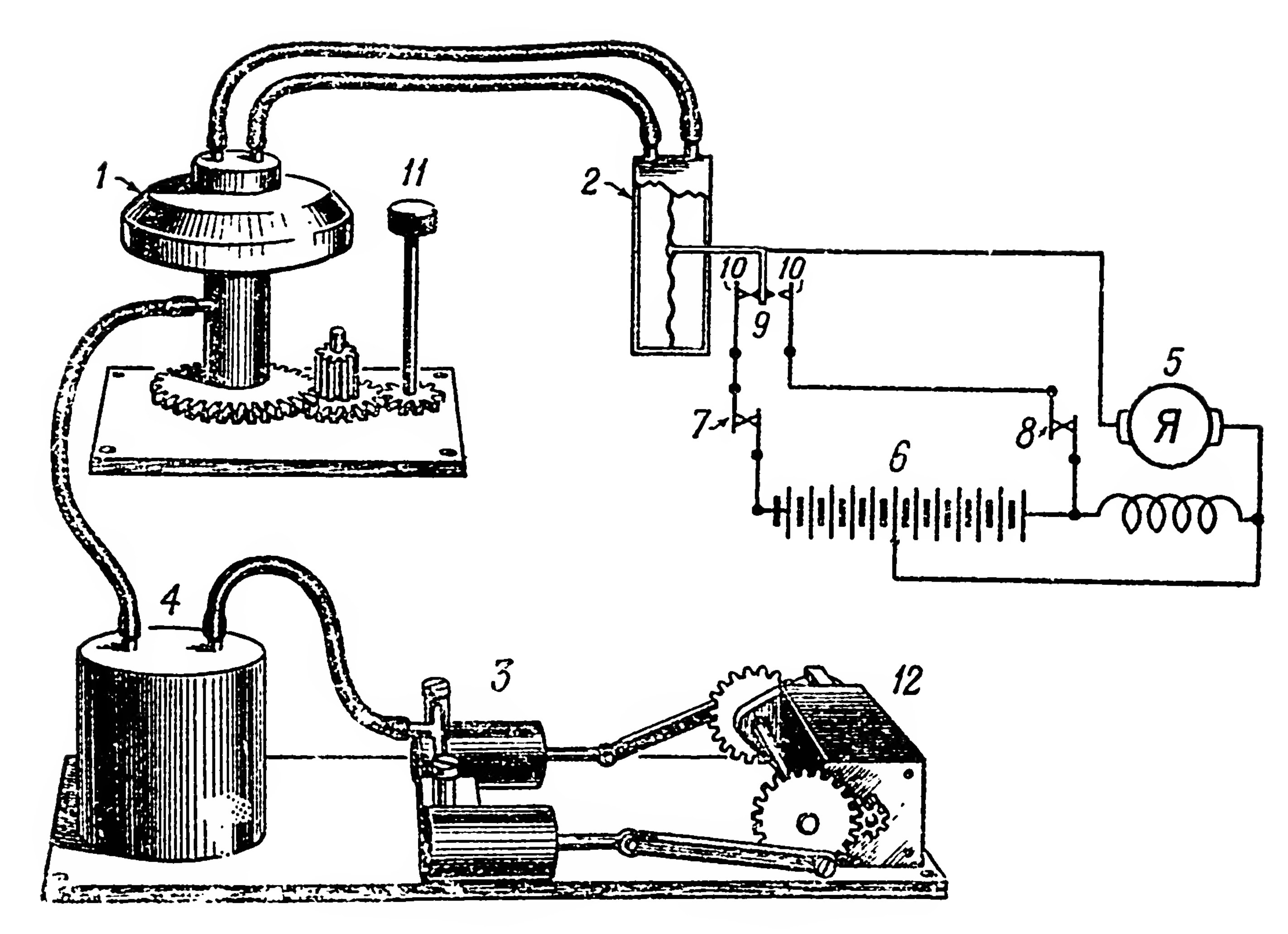


Рис. 7. Схема магнитного стабилизатора курса: *1* — магнитный компас; *2* — пневматическое реле; *3* — компрессор; *4* — баллончик сжатого воздуха; *5* — исполнительный электромотор; *6* — батарея питания; *7* и *8* — концевые контакты; *9* — средний контакт пневматического реле; *10* — боковые контакты пневматического реле; *11* — штурвальчик установки курса; *12* — электромотор компрессора

Компрессор беспрерывно подает воздух в колонку *5* компаса, из которой воздух попадает сразу в оба нижние дутьевые сопла.

Если модель судна идет строго по заданному курсу, то эксцентрическая заслонка перекрывает обе пары сопел и в верхние приемные сопла воздух не попадает. Поэтому мембрана пневматического реле и средний контакт, связанный с ней, находится в среднем нейтральном положении.

Если модель отклонится от курса, то одна из пар сопел окажется открытой. Другая пара сопел останется попрежнему перекрытой эксцентрической заслонкой. Через открытое дутьевое сопло воздух будет попадать в противоположное ему приемное сопло. Из приемного сопла по соединительной резиновой трубке воздух попадет в одну из полостей пневматического реле. Мембрана пневматического реле (рис. 7) переместится и ее средний контакт *9*, жестко связанный с штоком мембраны, замкнется с одним из двух неподвижных контактов *10*. Через одну из пар контактов *7* или *8* электромотор полу-

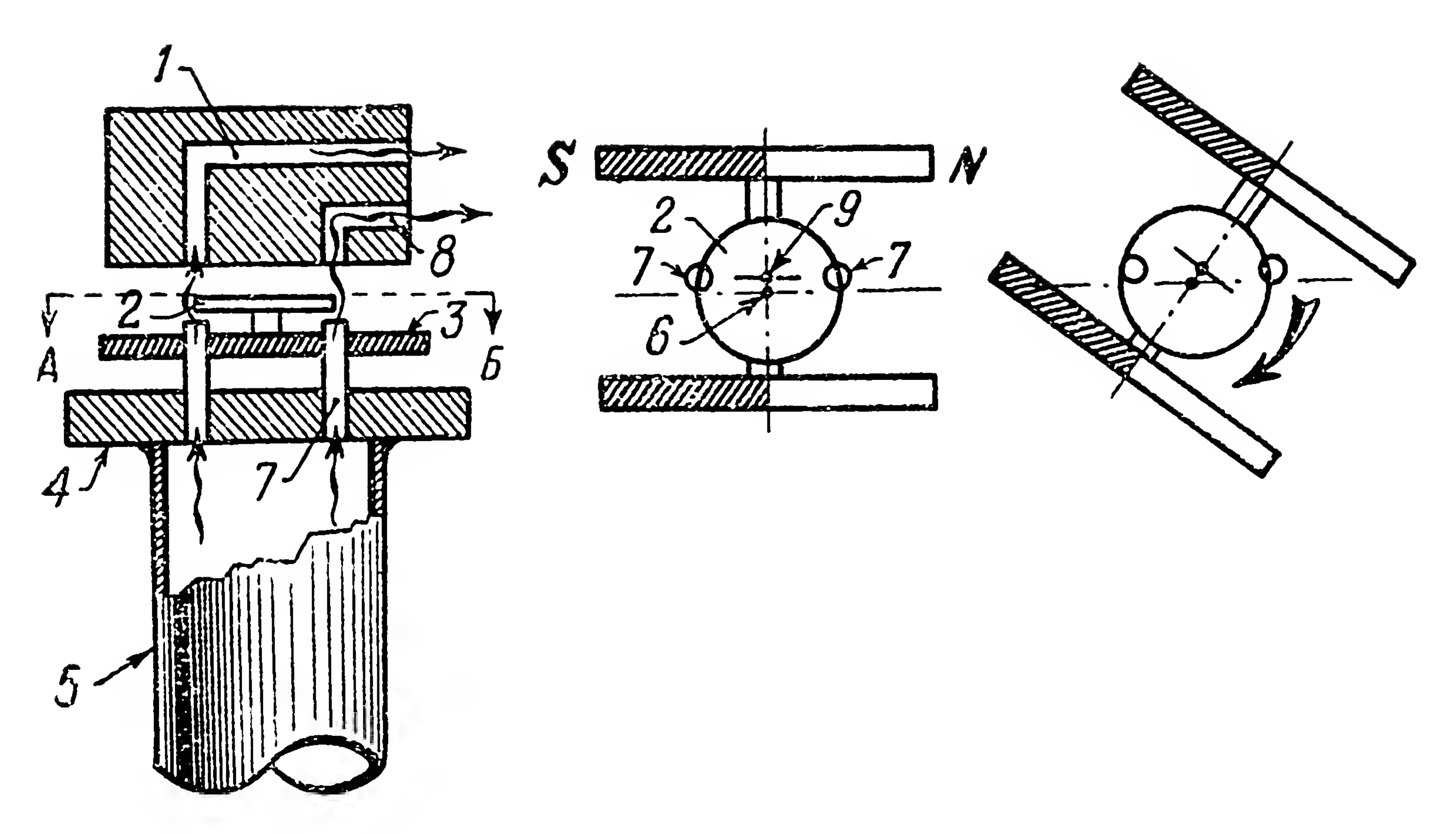


Рис. 8. Магнитный компас автомата курса: *1* — крышка; *2* — эксцентрическая заслонка; *3* — магниты; *4* — основание; *5* — колонка; *6* — ось магнитов; *7* — дутьевые сопла; *8* — приемные сопла

чит питание и повернет руль в нужную сторону. Так как нулевого фиксированного положения руля не имеется, то, возвращаясь на курс, модель пересечет его. При этом эксцентрическая заслонка повернется вместе с магнитом и перекроет ранее открытую пару сопел. Ранее перекрытые сопла откроются и воздух пойдет в другую часть пневматического реле. Мембрана реле сработает в противоположную сторону и ее средний контакт замкнется со вторым неподвижным контактом *10*. Ток в якоре исполнительного электромотора изменит направление и мотор переложит руль на другой борт. Модель снова начнет возвращаться на курс. Таким образом, модель будет идти зигзагообразно, но будет держаться заданного ей магнитного курса.

В качестве исполнительного механизма вместо электромоторчика можно использовать соленоиды.

Для установки на модели можно использовать магнитный компас от старых гиромагнитных компасов или автопилотов.

К нижней части колонки компаса следует припаять шестеренку. Через эту шестеренку посредством ряда других шестеренок и трибок осуществляется поворот компаса для установки на заданный курс. Ось последней

трибки делается удлиненной с штурвалом (*11* на рис. 7).

Пневматическое реле нетрудно изготовить самому. В качестве мембраны можно применить эластичную резину. Можно также использовать готовое пневматическое реле от гиромагнитного компаса.

Компрессор делается или поршневой, или центробежный. Можно обойтись и без компрессора, если запасти на модели сжатый воздух. Для этой цели мы помещали в модели накачанный воздухом шаропилот.

Поршневой компрессор надо обязательно делать двухцилиндровым, чтобы избежать большой пульсации воздуха. Пульсации вызывают дрожание среднего контакта мембраны и нарушают нормальную работу автомата.

Для сглаживания пульсаций даже при двухцилиндровом компрессоре, воздух в компас желательно подавать через небольшой жестяный баллончик.

При изготовлении компрессора в качестве поршней с цилиндрами можно использовать демпферы от указателей поворотов самолета или от автопилотов. На выходе каждого цилиндра нужно сделать невозвратный клапан из шарика, поджатого легкой пружинкой (рис. 9,*а*). На донышке поршня невозвратный клапан можно сделать из кусочка кинопленки (рис. 9,*б*).

Магнитный компас следует устанавливать возможно дальше от железных предметов, искрящих контактов и токонесущих проводов. В противном случае компас вообще не будет работать, так как его стрелки могут оказаться притянутыми к ближайшему железу или будут от-

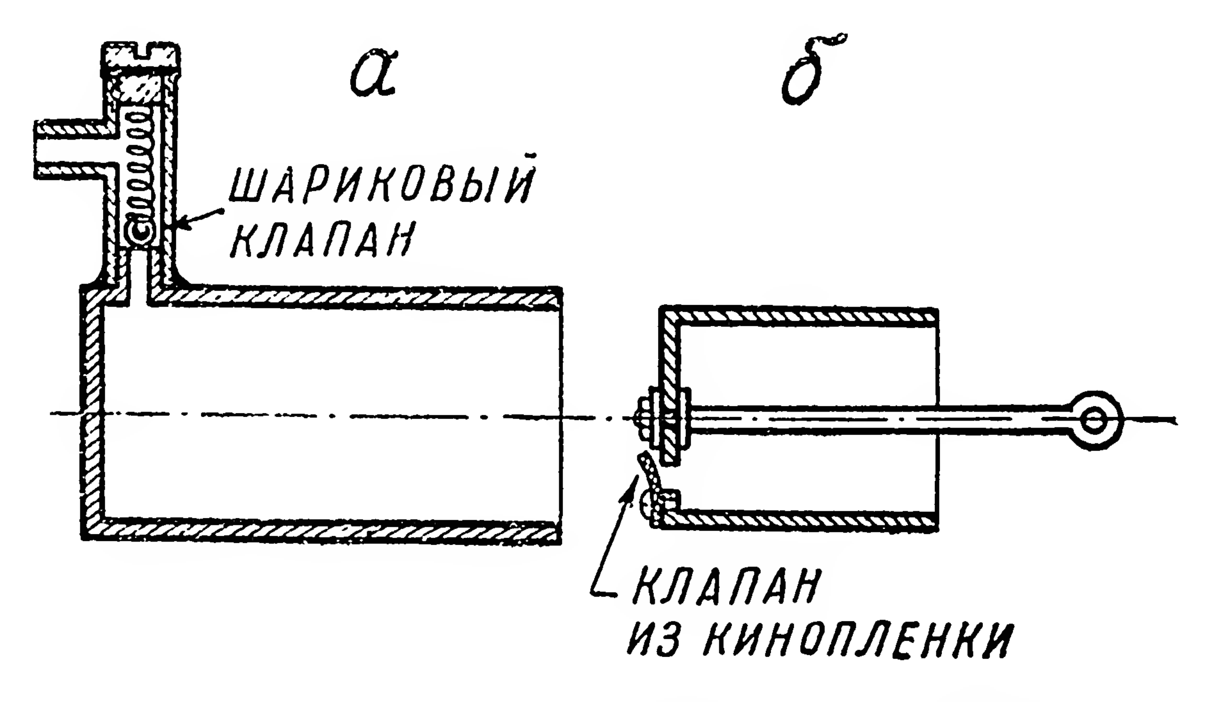


Рис. 9. Клапаны компрессора: *а* — шаровой в цилиндре; *б* — из кинопленки в поршне

клоняться магнитными полями, образующимися при размыкании контактов и вокруг электрических проводов.

Лучшим местом установки магнитного компаса будет носовая часть или надстройки модели. Для уменьшения влияния на компас посторонних магнитных полей рекомендуется провода с прямыми и обратными токами свивать между собой. Контактные искрообразующие устройства желательно заключать в магнитные экраны, которые делаются в виде чехлов из листового железа.

А. ЦЕЛОВАЛЬНИКОВ

СОДЕРЖАНИЕ

Автор **А. Целовальников**

Редактор **М. Игошин**

Технич. редактор **Л. Цигельман** Корректор **В. Н. Лапидус**

Сдано в набор 28/III—1956 г. Подписано к печати 31/V 1956 г.
Бумага 84×108 1/32; Физ. п. л.=0,625 Усл. п. л.=1,025
Уч.-изд. л. = 0,845 Изд. № 2/772
Г-23259 Тираж 5000 экз. **Продаже не подлежит**
Издательство ДОСААФ, Москва, Б-66, Ново-Рязанская ул., д. 26

Типография Изд-ва ДОСААФ, г. Тушино. Зак. 287

ЗА СТРАНИЦАМИ УЧЕБНИКА

SHEBA.SPB.RU/ZA

Хочу всё знать (теория)

Юный техник (практика)

Домоводство (условия)